

## Beschreibung

## Verfahren und Vorrichtung zur Spannungsmessung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Spannung an einer Stelle eines Stromverteilungsnetzes mittels einer Messschaltung, die einen mit einem stromführenden Leiter des Netzes gekoppelten Spannungsgeber und eine an den Spannungs-  
10 geber angeschlossene Weiterverarbeitungsanordnung aufweist und an ihrem Ausgang einen Spannungsmesswert als Ausgangssignal abgibt, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

In Stromverteilungsnetzen vorzugsweise im Spannungsbereich  
15 von 6-20 kV werden für Schutz- und Steuerungszwecke derzeit noch überwiegend Geräte eingesetzt, die einen richtungsunabhängigen Überstromschutz darstellen. Dies ist ausreichend in Netzen mit zentraler Einspeisung, in denen die Stromrichtung vorgegeben ist. Bei dezentraler Einspeisung jedoch ist für  
20 das Ansprechen von Schutzeinrichtungen auch erforderlich, dass zusätzlich zur Größe eines Stroms auch dessen Richtung erfasst wird. Diese kann durch zusätzliche Spannungsmessungen im Netz ermittelt werden. Hierzu werden heutzutage üblicherweise induktive Spannungswandler als Spannungsgeber einge-  
25 setzt. Diese ermöglichen eine genaue Spannungsmessung, stellen jedoch einen erheblichen Kostenfaktor dar, insbesondere wenn sie nachträglich in bestehenden Netzen installiert werden.

- 30 Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 23 25 449 A1 ist zur Spannungsmessung in Hochspannungsschaltanlagen die Verwendung eines kapazitiven Spannungswandlers als Spannungsgeber beschrieben, der aus einem stromführenden Leiter des Hochspan-

nungsnetzes und einer in einem Stützisolator des Leiters eingebetteten Elektrode gebildet ist. Üblicherweise werden solche kapazitiven Spannungswandler heute jedoch lediglich zur Feststellung des Vorhandenseins einer Spannung bestimmter  
5 Mindesthöhe auf einer Leitung eines Stromverteilungsnetzes den Verschiebestrom eines Hochspannungs-Koppelkondensators genutzt, da das erhaltene Messergebnis teilweise relativ ungenau ist, so dass es nur zur Feststellung des Vorhandenseins der Spannung, nicht aber zur Bestimmung von deren genauer  
10 Höhe verwendet werden kann.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der oben genannten Art anzugeben, durch die unabhängig von der Art des Spannungsgebers eine genaue  
15 Spannungsmessung durchgeführt werden kann.

Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren der genannten Art das Ausgangssignal der Messschaltung zur Erzielung eines  
20 korrekten Messwertes durch ein Korrekturglied mit einer Übertragungsfunktion, die zu der Übertragungsfunktion der Messschaltung invers ist, korrigiert wird. Dadurch, dass das Ausgangssignal der Messschaltung zur Erzielung eines korrekten Messwertes durch ein Korrekturglied mit einer Übertragungs-  
25 funktion, die zu der Übertragungsfunktion der Messschaltung invers ist, korrigiert wird, kann mit vergleichsweise einfachen Mitteln unabhängig von der Art des Spannungsgebers eine ausreichend genaue Spannungsmessung durchgeführt werden.

30 Vorteilhafterweise kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass als Spannungsgeber der Messschaltung eine Kondensatoreinrichtung verwendet wird. Die Verwendung einer Kondensatoreinrichtung - also eines kapazitiven Span-

nungswandlers - als Spannungsgeber stellt nämlich eine vergleichsweise kostengünstige Möglichkeit der Spannungsmessung dar.

- 5 In diesem Zusammenhang wird es zudem als vorteilhaft angesehen, wenn als Kondensatoreinrichtung ein aus dem stromführenden Leiter des Netzes und einer galvanisch von diesem getrennten Elektrode gebildeter Koppelkondensator verwendet wird. Solche Kondensatoreinrichtungen besitzen einen vergleichsweise einfachen Aufbau; ferner sind Kondensatoreinrichtungen dieser Art bereits häufig beispielsweise in Hochspannungsdurchführungen von Schaltzellen vorhanden.

- Alternativ kann allerdings auch vorteilhaft vorgesehen sein, dass als Spannungsgeber ein primärseitig mit dem stromführenden Leiter verbundener induktiver Spannungswandler verwendet wird. Dies wird insbesondere deshalb als vorteilhaft angesehen, weil ein solcher induktiver Spannungswandler generell eine sehr genaue Spannungsmessung ermöglicht. Da jedoch die Messschaltung auch bei Verwendung eines induktiven Spannungswandlers eine Übertragungsfunktion aufweisen kann, die den Spannungsmesswert geringfügig verfälscht, können bei Einsatz der Korrektur mittels des Korrekturglieds nach dem erfindungsgemäßen Verfahren auch hierbei noch genauere Spannungsmesswerte erzielt werden.

- Hierbei wird es jedoch zusätzlich als vorteilhaft angesehen, wenn ein Korrekturglied verwendet wird, das über einen Schalter wahlweise überbrückbar ist. Auf diese Weise kann das Korrekturglied bei ausreichender Genauigkeit der bei Verwendung des induktiven Spannungswandlers erzielten Spannungsmesswerte leicht überbrückt werden; es findet in einem solchen Fall also keine Korrektur der Spannungsmesswerte statt.

Je nachdem, ob das Ausgangssignal der Messschaltung analog oder digital ist, kann als Korrekturglied ein analoges oder digitales Filter mit einer zur Übertragungsfunktion der Messschaltung inversen Übertragungsfunktion zum Einsatz kommen.

5 Das analoge Filter bildet zweckmäßig eine Übertragungsfunktion mit PID-Charakteristik nach.

Bei Verwendung eines digitalen Filters bietet sich als inverse Übertragungsfunktion eine zeitdiskrete Übertragungsfunktion an. Diese kann in an sich bekannter Weise mittels  
10 einer Bilineartransformation erzeugt werden.

In diesem Zusammenhang wird es zudem als vorteilhaft angesehen, wenn bei dem digitalen Filter die Koeffizienten der zeitdiskreten Übertragungsfunktion veränderbar sind. In diesem Fall lässt sich nämlich die Übertragungsfunktion des Korrekturgliedes besonders einfach an durch unterschiedliche Spannungsgeber hervorgerufene Übertragungsfunktionen der Messschaltung anpassen.

20

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht ferner vor, dass eine Weiterverarbeitungsanordnung verwendet wird, die in ihrem Eingangsbereich ein galvanisches Trennelement aufweist. Auf diese Weise können die  
25 Weiterverarbeitungsanordnung und das Korrekturglied nämlich problemlos galvanisch von der Hochspannungsseite getrennt werden.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die der Erfindung zugrunde  
30 liegende Aufgabe durch eine Messvorrichtung zum Messen der Spannung an einer Stelle eines Stromverteilungsnetzes mittels einer Messschaltung, die einen mit einem stromführenden Leiter des Netzes gekoppelten Spannungsgeber und eine an den

Spannungsgeber angeschlossene Weiterverarbeitungsanordnung aufweist und an ihrem Ausgang einen Spannungsmesswert als Ausgangssignal abgibt, gelöst, bei der erfindungsgemäß zur Erzielung eines korrekten Messwertes aus dem Ausgangssignal der Messschaltung mit der Messschaltung ausgangsseitig ein Korrekturglied verbunden ist, das eine Übertragungsfunktion aufweist, die invers zur Übertragungsfunktion der Messschaltung ist. Durch die Verwendung eines Korrekturgliedes mit zur Übertragungsfunktion der Messschaltung inverser Übertragungsfunktion lassen sich bei einer solchen Messvorrichtung mit beliebigen Messgebern genaue Spannungsmesswerte erzielen.

Aus Kostengründen kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass der Spannungsgeber eine Kondensatoreinrichtung ist. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann es sich bei einer solchen Kondensatoreinrichtung ferner um einen aus dem stromführenden Leiter des Netzes und einer galvanisch von diesem getrennten Elektrode gebildeten Koppelkondensator handeln. Eine solchermaßen ausgestaltete Elektrode kann vorzugsweise eine sogenannte Ringelektrode sein.

Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass der Spannungsgeber ein primärseitig mit dem stromführenden Leiter verbundener induktiver Spannungswandler ist.

Da ein solcher induktiver Spannungswandler häufig schon Spannungsmesswerte sehr guter Qualität liefert, kann in diesem Zusammenhang ferner vorgesehen sein, dass das Korrekturglied über einen Schalter wahlweise überbrückbar ist.

Allerdings ist auch bei einem induktiven Spannungswandler häufig die Qualität der Spannungsmesswerte durch erfindungsgemäßen Einsatz eines Korrekturgliedes mit inverser Übertra-

gungsfunktion noch weiter steigerbar, so dass sich auch in diesem Fall der Einsatz des - dann folglich nicht überbrückten - Korrekturgliedes lohnt.

- 5 Mit anderen Worten weist eine erfindungsgemäße Messvorrichtung z. B. eine Eingangsklemme für den wahlweisen Anschluss an beliebige Spannungsgeber, z. B. an die Elektrode des Koppelkondensators oder an die Sekundärwicklung eines primärseitig an den stromführenden Leiter angeschlossenen induktiven
- 10 Spannungswandlers auf. Dadurch erhält man hierbei die Möglichkeit, abhängig davon, ob bereits ein Koppelkondensator oder ein induktiver Spannungswandler an der Messstelle im Netz installiert ist, die Messvorrichtung an den entsprechenden Spannungsgeber anzuschließen. Die Messvorrichtung ist
- 15 dann mit einem Schalter zum wahlweisen Ein- oder Ausschalten des die inverse Übertragungsfunktion nachbildenden Korrekturglieds versehen, um bei einem Anschluss an den Koppelkondensator das Korrekturglied einzuschalten und bei einem Anschluss an den Spannungswandler das Korrekturglied bei Bedarf
- 20 auszuschalten. Auch im Fall des induktiven Spannungswandlers könnte hier das Korrekturglied eingeschaltet bleiben, wobei dessen inverse Übertragungsfunktion entsprechend geändert werden müsste. Dies wäre insbesondere bei einem digitalen Filter mit zeitdiskreter Übertragungsfunktion als Korrekturglied durch Einstellung der Koeffizienten auf einfache Weise
- 25 durchführbar.

Je nachdem, ob das Ausgangssignal der Messschaltung ein analoges oder ein digitales Ausgangssignal ist, ist entsprechend

30 ein analoges Filter mit PID-Charakteristik oder ein digitales Filter einzusetzen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Messvorrichtung sieht vor, dass die Weiterverarbeitungsanordnung in ihrem Eingangsbereich ein galvanisches Trennelement aufweist. Auf diese Weise lassen sich problemlos Hoch- und Niederspannungsteil der Messvorrichtung galvanisch trennen. Vorzugsweise kann es sich bei dem galvanischen Trennelement um einen induktiven Stromwandler handeln.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Messvorrichtung ist der Spannungsgeber ausgangseitig an eine Reihenschaltung aus einem hochohmigen Widerstand und der Primärwicklung des induktiven Stromwandlers angeschlossen. Über den hochohmigen Widerstand findet eine Umsetzung der Eingangsspannung der Weiterverarbeitungsanordnung in einen vergleichsweise geringen Strom statt, so dass der induktive Stromwandler verhältnismäßig klein und damit kostengünstig ausgeführt sein kann.

Ein weitere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Messvorrichtung sieht ferner vor, dass die Sekundärwicklung des Stromwandlers durch einen gegengekoppelten Operationsverstärker mit einem Innenwiderstand von 0 Ohm belastet ist. Mit dem Operationsverstärker findet wiederum eine Strom-Spannungs-Umsetzung statt, wobei durch die Gegenkopplung des Operationsverstärkers der Bereich der Höhe der resultierenden Spannung z. B. über einen im Gegenkopplungszweig angeordneten Widerstand einstellbar ist.

Ferner wird als vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messvorrichtung angesehen, dass die Messschaltung ausgangseitig einen Analog/Digital-Wandler aufweist, um digitale Ausgangssignale der Messanordnung zu erzeugen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Figur zeigt das Schaltbild einer Messvorrichtung MV zur Spannungsmessung mit einem digitalen Filter als Korrekturglied KG zur  
5 Korrektur der Spannungsmesswerte.

Ein Stromleiter 1 eines Stromverteilungsnetzes bildet eine Elektrode eines kapazitiven Spannungswandlers als Spannungsgeber SG in Form eines Hochspannungs-Koppelkondensators 2.  
10 Die andere Elektrode des Koppelkondensators 2, die vorzugsweise galvanisch getrennt von dem Stromleiter 1 ringförmig um diesen herumgeführt ist, ist mit einer Eingangsklemme 3 einer Weiterverarbeitungsanordnung WA der Messvorrichtung MV verbunden. Analog dazu sind als Spannungsgeber SG aber auch wei-  
15 tere Formen kapazitiver Spannungswandler möglich. Wie in der Figur angedeutet, kann es sich bei dem kapazitiven Spannungswandler optional um einen kapazitiven Teiler handeln, dessen Unterspannungskondensator in der Figur strichliert dargestellt ist. Eine Ausführung als kapazitiver Teiler ist jedoch  
20 nicht zwingend notwendig. Stattdessen kann, wie durch die weitere strichlierte Linie angedeutet ist, auch die Sekundärwicklung eines primärseitig an den Stromleiter 1 angeschlossenen induktiven Spannungswandlers 4 mit der Eingangsklemme 3 der Weiterverarbeitungsanordnung WA verbunden sein.  
25 Wie in der Figur durch die geschweifte Klammer angedeutet ist, bilden Spannungsgeber SG und Weiterverarbeitungsanordnung WA gemeinsam eine sogenannte Messschaltung MS.

Im Folgenden wird der Fall betrachtet, dass der Koppelkondensator 2 als Spannungsgeber SG mit der Eingangsklemme 3 der  
30 Weiterverarbeitungsanordnung WA verbunden ist. Ein hinter der Eingangsklemme 3 angeordneter, üblicherweise hochohmiger Vorwiderstand 5 (RV) führt eine Spannungs-/Strom-Umwandlung der



an der galvanisch vom Stromleiter 1 getrennten Elektrode des Koppelkondensators 2 kapazitiv abgegriffenen Spannung in einen Verschiebestrom durch. Zusätzlich bildet der Vorwiderstand 5 mit der Kapazität des Koppelkondensators 2 einen  
5 Hochpass und verbessert daher das eingangsseitige EMV (elektromagnetische Verträglichkeit)-Verhalten der Messvorrichtung MV.

Ein primärseitig in Reihe mit dem Vorwiderstand 5 geschaltetes galvanisches Trennelement in Form eines induktiven Stromwandlers 6 dient einerseits der Potentialtrennung und andererseits der Verringerung der Koppelkapazität gegenüber dem Hochspannungsleiter und bewirkt somit eine weitere EMV-Ab-  
10 schirmung. Aufgrund des durch die Bemessung des Vorwiderstands 5 geringen Verschiebestroms kann der induktive Stromwandler 6 vergleichsweise klein ausgebildet werden.

An die Sekundärseite des induktiven Stromwandlers 6 schließt sich ein Operationsverstärker 7 mit einem Rückkopplungswiderstand 8 ( $R_m$ ) an. Der Operationsverstärker 7 dient als aktive Bürde für den induktiven Stromwandler 6 mit einem Innenwiderstand von 0 Ohm. Gleichzeitig übernimmt der Operationsverstärker 7 eine Strom-/Spannungs-Umwandlung und übersetzt den  
20 von dem induktiven Stromwandler 6 gelieferten Strom in eine Spannung. Das Verhältnis von Ausgangsspannung zu Eingangsstrom des Operationsverstärkers 7 wird durch den Wert  $R_m$  des Rückkopplungswiderstandes 8 bestimmt. Dieser Wert kann durch eine Brücke oder einen Analogschalter wie in der Figur angedeutet umgeschaltet werden, um die vom Koppelkondensator 2  
25 oder Spannungswandler 3 abhängige Ansteuerung des Stromwandlers 6 an den Messbereich eines dem Operationsverstärker 7 nachfolgenden Analog/Digital-Wandlers 9 anpassen zu können.

Dieser setzt seine Eingangsspannung in eine digitale Abtastwertfolge um.

Ist die Eingangsklemme 3 der Weiterverarbeitungsanordnung WA mit dem induktiven Spannungswandler 4 verbunden, dann ist das Übertragungsverhalten der aus Spannungsgeber SG (in diesem Fall also dem induktiven Spannungswandler 4) und Weiterverarbeitungsanordnung WA gebildeten Messschaltung MS im relevanten Frequenzbereich (50 bzw. 60 Hz) von der Frequenz unabhängig.

Demgegenüber ergibt sich bei einem Anschluss an den Koppelkondensator 2 die folgende Übertragungsfunktion der Messschaltung MS bis zum Analog/Digital-Wandler 9:

$$\frac{U_A}{U_{Prim}} = \frac{j\omega C_D \cdot R_m}{1 + j\omega C_D \cdot R_v}$$

Hierin bedeuten  $U_A$  die Spannung am Ausgang des Operationsverstärkers 7,  $U_{Prim}$  die Spannung des Stromleiters 1 und  $C_D$  die Kapazität des Koppelkondensators 2. Lässt man den sich anhand dieser Übertragungsfunktion ergebenden Wert von  $U_A$  unverändert, dann erhält man einen für eine genaue Spannungsmessung völlig ungeeigneten Spannungsmesswert. Die Übertragungsfunktion der gesamten Messvorrichtung MV (bestehend aus Spannungsgeber SG, Weiterverarbeitungsanordnung WA und Korrekturglied KG) muss daher durch ein nachgeschaltetes Korrekturglied KG mittels einer zu der Übertragungsfunktion der Messschaltung MS inversen Übertragungsfunktion korrigiert werden. Diese korrigierende inverse Übertragungsfunktion des Korrekturglieds KG sollte nach folgender Gleichung gebildet werden:

$$G_{\text{kor}} = \frac{1 + j\omega C_D \cdot R_v}{1 + j\omega T_K}$$

Die resultierende Übertragungsfunktion der gesamten Messvorrichtung MV stellt wiederum einen Hochpass dar, jedoch mit  
 5 einer neuen Eckfrequenz  $1/(2\pi \cdot T_K)$ . Die Zeitkonstante  $T_K$  ist dann so zu wählen, dass die Eckfrequenz unterhalb des zu erfassenden Frequenzbereichs der Spannungsmessgröße liegt, so dass die Übertragungsfunktion der gesamten Messvorrichtung MV in diesem Frequenzbereich linear verläuft. Besonders vorteil-  
 10 haft ist es, wenn  $T_K$  gleich der Zeitkonstanten der eingesetzten Stromwandler zur Erfassung der Stromsignale, die parallel zum Spannungssignal ebenfalls gemessen werden, gewählt wird.

Wenn, wie in der Figur gezeigt, ein digitales Filter 10 zur  
 15 Korrektur der Übertragungsfunktion der Messschaltung MS verwendet wird, ist die korrigierende Übertragungsfunktion  $G_{\text{kor}}$  zuvor in eine zeitdiskrete Übertragungsfunktion  $G(z^{-1})$  zu transformieren. Dies erfolgt mit Hilfe der Bilineartransformation

20

$$e^{-j\omega T_A} = \frac{2}{T_A} \cdot \frac{z+1}{z-1}.$$

Die rechte Seite dieser Gleichung ist die nach dem ersten Glied abgebrochene Reihenentwicklung der Funktion  $e^{-j\omega \cdot T}$ .

25 Hiermit wird erhalten:

$$G(z^{-1}) = \frac{a_1 z^{-1} + a_0}{1 + b_1 z^{-1}}.$$

Hierin bedeutet  $z^{-1}$  die Verzögerung eines Abtastwertes um ein  
 30 Abtastintervall;  $a_0$ ,  $a_1$  und  $b_1$  sind Koeffizienten der zeitdis-

kreten Übertragungsfunktion. Diese zeitdiskrete Übertragungsfunktion  $G(z^{-1})$  wird durch das in der Figur dargestellte digitale Filter 10 realisiert. Dieses hat weiterhin eine endliche Verstärkung bei der Frequenz 0, so dass die numerische  
5 Stabilität der Vorrichtung auch bei einem Offset des Analog/Digital-Wandlers 9 gesichert ist.

Ein Schalter 11 dient zum Verbinden des Ausgangs des Analog/Digital-Wandlers 9 mit dem Messwertausgang 12 der Mess-  
10 vorrichtung MV entweder direkt oder über das digitale Filter 10. Die direkte Verbindung kann gewählt werden, wenn der induktive Spannungswandler 4 als Spannungsgeber SG an die Eingangsklemme 3 der Weiterverarbeitungsanordnung WA angeschlossen ist, und die Verbindung über das digitale Filter 10 wird  
15 gewählt, wenn der Koppelkondensator 2 als Spannungsgeber SG an die Eingangsklemme 3 angeschlossen ist. Der Schalter 11 könnte jedoch auch wegfallen, so dass in beiden Fällen das digitale Filter 10 einbezogen ist, da auch bei Verwendung des induktiven Spannungswandlers 4 durch die Verschiebung der  
20 Eckfrequenz der Übertragungsfunktion der gesamten Messvorrichtung MV eine Verbesserung der Qualität der Spannungsmesswerte erreicht werden kann. Es sind dann jedoch für den Anschluss an den induktiven Spannungswandler 4 einerseits und an den Koppelkondensator 2 andererseits die Koeffizienten des  
25 digitalen Filters 10 jeweils unterschiedlich einzustellen.

Entsprechend ist auch eine Messvorrichtung mit analogen Spannungssignalen realisierbar, an die Stelle des digitalen Filters träte in diesem Fall ein analoges Filter, der A-D-Wand-  
30 ler entfielen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen einer Spannung an einer Stelle eines Stromverteilungsnetzes mittels einer Messschaltung (MS), die  
5 einen mit einem stromführenden Leiter (1) des Netzes gekoppelten Spannungsgeber (SG) und eine an den Spannungsgeber (SG) angeschlossene Weiterverarbeitungsanordnung (WA) aufweist und an ihrem Ausgang einen Spannungsmesswert als Ausgangssignal abgibt, wobei das Ausgangssignal der  
10 Messschaltung (MS) zur Erzielung eines korrekten Messwertes durch ein Korrekturglied (KG) mit einer Übertragungsfunktion, die zu der Übertragungsfunktion der Messschaltung (MS) invers ist, korrigiert wird, und wobei als Korrekturglied (KG) ein elektronisches Filter verwendet wird, dessen Übertragungsfunktion zur Anpassung an die jeweilige Übertragungsfunktion  
15 der Messschaltung (MS) einstellbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
20 als Spannungsgeber (SG) der Messschaltung (MS) eine Kondensatoreinrichtung verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
25 als Kondensatoreinrichtung ein aus dem stromführenden Leiter (1) des Netzes und einer galvanisch von diesem getrennten Elektrode gebildeter Koppelkondensator (2) verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
als Spannungsgeber (SG) ein primärseitig mit dem stromführenden Leiter (1) verbundener induktiver Spannungswandler (4) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
ein Korrekturglied (KG) verwendet wird, das über einen Schal-  
5 ter (11) wahlweise überbrückbar ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
bei einem analogen Ausgangssignal der Messschaltung (MS) die  
10 Korrektur durch ein analoges Filter mit PID-Charakteristik  
als Korrekturglied (KG) durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
15 bei einem digitalen Ausgangssignal der Messschaltung (MS) die  
Korrektur durch ein digitales Filter (10) als Korrekturglied  
(KG) durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
ein digitales Filter (10) verwendet wird, bei dem die inverse  
Übertragungsfunktion durch eine zeitdiskrete Übertragungs-  
funktion dargestellt wird.

25 9. Verfahren nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
ein digitales Filter (10) verwendet wird, bei dem die Koeffi-  
zienten der zeitdiskreten Übertragungsfunktion veränderbar  
sind.

30

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
eine Weiterverarbeitungsanordnung (WA) verwendet wird, die in  
ihrem Eingangsbereich ein galvanisches Trennelement aufweist.

5 11. Messvorrichtung (MV) zum Messen einer Spannung an einer  
Stelle eines Stromverteilungsnetzes mittels einer Messschal-  
tung (MS), die einen mit einem stromführenden Leiter (1) des  
Netzes gekoppelten Spannungsgeber (SG) und eine an den Span-  
nungsgeber (SG) angeschlossene Weiterverarbeitungsanordnung  
10 (WA) aufweist und an ihrem Ausgang einen Spannungsmesswert  
als Ausgangssignal abgibt, wobei zur Erzielung eines  
korrekten Messwertes aus dem Ausgangssignal der Messschaltung  
(MS) mit der Messschaltung (MS) ausgangsseitig ein  
elektronisches Filter als Korrekturglied (KG) verbunden ist,  
15 das eine Übertragungsfunktion aufweist, die invers zur  
Übertragungsfunktion der Messschaltung (MS) ist, und wobei  
die Übertragungsfunktion des Korrekturgliedes (KG) zur  
Anpassung an die jeweilige Übertragungsfunktion der  
Messschaltung (MS) einstellbar ist.

20

12. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
der Spannungsgeber (SG) eine Kondensatoreinrichtung ist.

25 13. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
die Kondensatoreinrichtung ein aus dem stromführenden Leiter  
(1) des Netzes und einer galvanisch von diesem getrennten  
Elektrode gebildeter Koppelkondensator (2) ist.

30

14. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die Elektrode des Koppelkondensators (2) eine den stromfüh-  
renden Leiter (1) umgebende Ringelektrode ist.

5 15. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
der Spannungsgeber (SG) ein primärseitig mit dem stromführen-  
den Leiter (1) verbundener induktiver Spannungswandler (4)  
ist.

10

16. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
das Korrekturglied (KG) über einen Schalter (11) wahlweise  
überbrückbar ist.

15

17. Messvorrichtung (MV) nach einem der Ansprüche 11 bis 16,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
bei einem analogen Ausgangssignal der Messschaltung (MS) das  
Korrekturglied (KG) ein analoges Filter mit PID-Charakteris-  
20 tik ist.

20

18. Messvorrichtung (MV) nach einem der Ansprüche 11 bis 16,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
bei einem digitalen Ausgangssignal der Messschaltung (MS) das  
25 Korrekturglied (KG) ein digitales Filter (10) ist.

25

19. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 18,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die Übertragungsfunktion des digitalen Filters (10) durch  
30 eine zeitdiskrete Übertragungsfunktion dargestellt ist.

30

20. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 19,



d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
das digitale Filter (10) eine zeitdiskrete Übertragungsfunk-  
tion mit veränderbaren Koeffizienten aufweist.

5 21. Messvorrichtung (MV) nach einem der Ansprüche 11 bis 20,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
die Weiterverarbeitungsanordnung (WA) in ihrem Eingangsbe-  
reich ein galvanisches Trennelement aufweist.

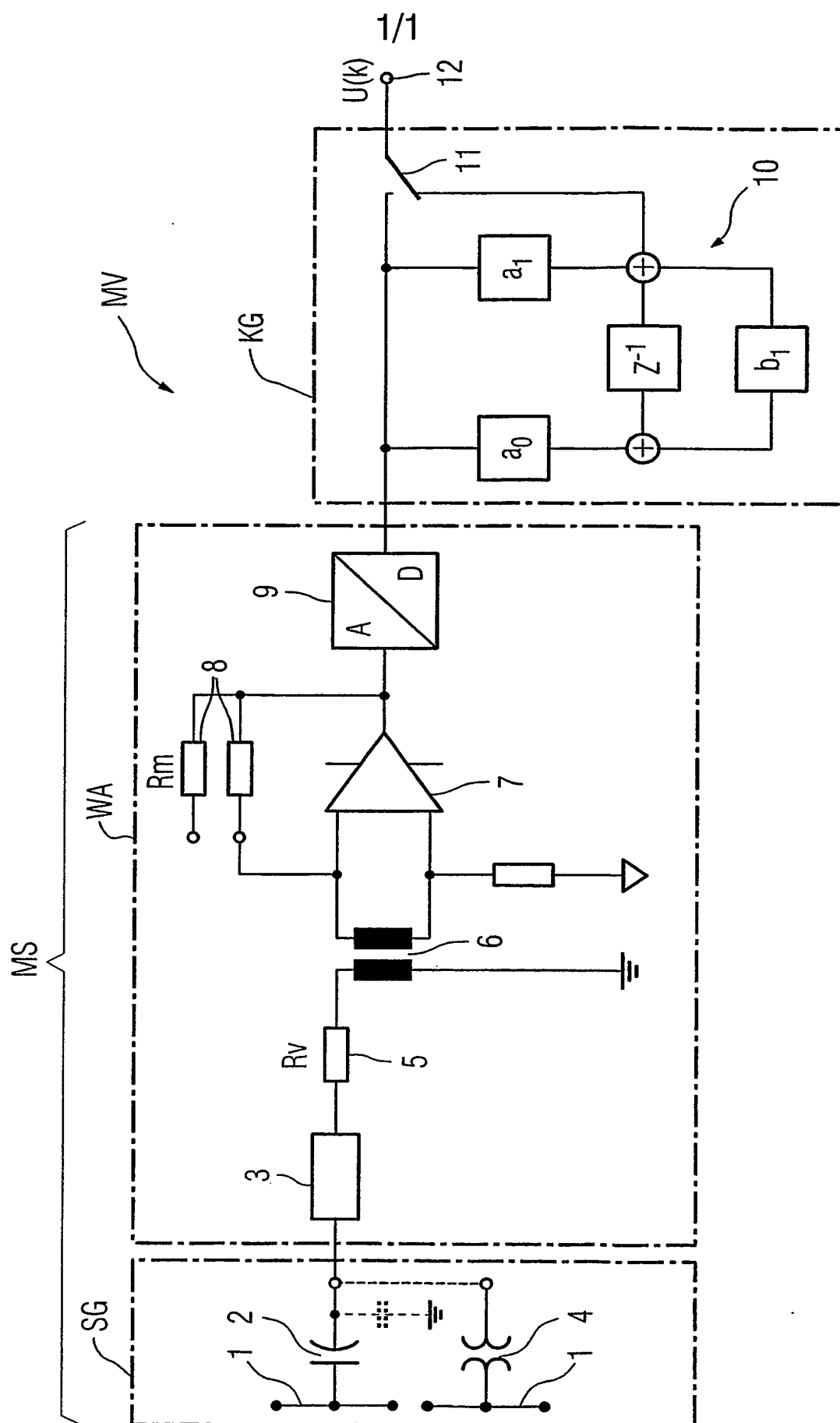
10 22. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 21,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
das galvanische Trennelement ein induktiver Stromwandler (6)  
ist.

15 23. Messvorrichtung (MV) nach Anspruch 22,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
der Spannungsgeber (SG) ausgangsseitig an eine Reihenschal-  
tung aus einem hochohmigen Widerstand (5) und der Primärwick-  
lung des induktiven Stromwandlers (6) angeschlossen ist.

20 24. Messvorrichtung (MV) nach einem der Ansprüche 22 oder 23,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
die Sekundärwicklung des Stromwandlers (6) durch einen gegen-  
gekoppelten Operationsverstärker (7) mit einem Innenwider-  
25 stand von 0 Ohm belastet ist.

25. Messvorrichtung (MV) nach einem der Ansprüche 11 bis 16  
und 18 bis 24,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
30 die Messschaltung (MS) ausgangsseitig einen Analog/Digital-  
Wandler (9) aufweist.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**